

ПАВ), АФ₉ – 12 (неионогенного ПАВ) и НМК-РХ (смеси анионных и неионогенных ПАВ) при длительности импульса мощности не менее $17 \cdot 10^{-6}$ с при удельной энергии воздействия в диапазоне от 50 до 100 кДж/дм³.

Список литературы: 1. Пат. 4506734 США, МКИ² E21 B43/26. Fracturing Huid Breaker system which is activated by fracture closure / K.G.Nolte. – Заявл. 5.6.84; Опубл. 11.10.85; Бюл № 22. 2. Пат. 3971317 США, МКИ² E21 B43/26. Detonation system and method / F.S.Gemmell, M.A.Fried. – Заявл. 12.2.74; Опубл. 27.07.76; Бюл №5. 3. *Круглицкий Н.Н., Горovenko Г.Г., Малишевский П.П.* Физико-химическая механика дисперсных систем в сильных импульсных полях. – Киев: Наукова думка, 1983. – 154 с. 4. *Сизоненко О.Н.* Синергетический эффект в изменении фильтрационных характеристик пористых насыщенных жидкостью сред при электроразрядном воздействии // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. Вып.42. – Днепропетровск: Ин-т геотехн. механики НАН Украины. – 2003. – С.173-186. 5. *Сизоненко О.Н., Шерстнев Н.М.* Особенности изменения фильтрационных характеристик пород-коллекторов при реагентно-импульсном воздействии // Нефтяное хозяйство. – 2001. – № 4. – С. 49-51. 6. *Сизоненко О.Н.*

and similar papers at core.ac.uk

provided by Electronic National Technical University "Kharkiv Polytechnic

ние высоковольтного электрического разряда в растворах ПАВ на их моющие и ингибирующие свойства // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 2. – С. 53-55. 8. *Syzonenko O.M., Raychenko O.I.* Transformations in Hydrocarbon-Mineral Mixture Contacting with Tamol Solution at High-Voltage Electric Discharge // High Temperature Materials and Processes. – 2007. – Vol. 26, No. 2. – P. 131-137. 9. *Сизоненко О.Н., Райченко А.И.* Влияние высоковольтного электрического разряда на поведение композиции углеводородно-минеральная смесь / раствор ПАВ // Наукові нотатки: Міжвузівський зб. наук. Праць. – Луцьк: РВВ ЛДТУ. – 2007. – Вип. 20. – С. 447-452. 10. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение / Под ред. *А.А.Абрамзона*. – Л.: Химия, 1988. – 200 с. 11. *Абрамзон А.А.* Поверхностно-активные вещества: свойства и применение. – Л.: Химия, 1981. – 304 с. 12. *Фролов Ю.Г.* Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1988. – 464 с. 13. *Ребиндер П.А.* Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия: Избранные труды. – М.: Наука, 1978. – 386 с.

Поступила в редколлегию 29.02.2008

УДК 621.314

О.В.ХВОЩАН; Ю.И.КУРАШКО, канд.техн.наук; **В.В.ЛИТВИНОВ**;
ИИПТ НАН Украины, Николаев

АНАЛИЗ СХЕМ ЗАРЯДНОЙ ЦЕПИ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОГРУЖНЫХ СКВАЖИННЫХ УСТРОЙСТВ ПОВЫШЕННОЙ МОЩНОСТИ

Проведено аналіз схем зарядного кола занурювальних свердловинних пристроїв, що відповідають умовам малих габаритних розмірів, високої робочої температури (до 373 К і вище), підвищених потужності і ККД пристрою.

The analysis of charts of charge circuit of submersible mining hole devices, which respond to the conditions of small overall sizes, high working temperature (to 373 K and higher), advanced power and efficiency is conducted.

Введение. Электроразрядный метод обработки скважин в настоящее время достаточно широко используется в промышленности, так как сочетает в себе простоту использования, селективность воздействия, высокую эффективность при низкой стоимости в сравнении с другими методами обработки. Одним из направлений развития метода является дальнейшее совершенствование высоковольтного оборудования для получения электрогидравлического эффекта в скважинных условиях.

Современные погружные скважинные устройства должны отвечать следующим требованиям:

- иметь малые габариты погружаемой в скважину части, что связано с малым диаметром обсадных труб скважины, возможными искривлениями ее ствола, удобством монтажа и транспортировки устройства;
- элементная база погружной части должна стабильно и надежно функционировать в условиях повышенной (~ 373 K) температуры и высокого (до 50 МПа) гидростатического давления, соответствующих значительным (~ 5 км) глубинам залегания продуктивных нефтяных пластов;
- достигать высокой частоты повторения разрядов накопителя для повышения скорости обработки скважины, что обеспечивается увеличением мощности заряда накопителя и коэффициента полезного действия (КПД) разрядной цепи.

Целью настоящей работы является анализ схем зарядной цепи погружных скважинных устройств для определения оптимального варианта, соответствующего предъявляемым к устройствам требованиям.

Особенностью зарядной цепи погружных скважинных устройств является наличие в ее составе каротажного геофизического кабеля, соединяющего наземную и погружную части устройства. Наивысших значений КПД зарядной цепи и передаваемой в накопитель мощности можно достичь, передавая в кабель постоянное напряжение, однако низкое рабочее напряжение кабеля (1000 В) ведет к необходимости использовать многоступенчатую схему преобразования энергии в зарядной цепи [1]. Структурная схема погружного скважинного устройства приведена на рис. 1.

В наземной части устройства (источнике питания) промышленное напряжение 380 В, 50 Гц выпрямляется трехфазным выпрямителем В1 и преобразуется в переменное с частотой 10-15 кГц транзисторным инвертором напряжения ИН1. Регулирование передаваемой мощности осуществляется изменением напряжения в пределах 500-1000 В трансформатором Тр1. Далее

напряжение выпрямляется выпрямителем В2 и передается по кабелю в погружную часть устройства.

В погружной части постоянное напряжение преобразуется в переменное инвертором напряжения ИН2 и повышается высоковольтным трансформатором Тр2, при этом промежуточная частота преобразования напряжения выбирается исходя из необходимости обеспечить малые габариты Тр2 при его допустимом перегреве [2]. Далее напряжение выпрямляется выпрямителем В3 и осуществляется зарядка емкостного накопителя ЕН до 30 кВ.

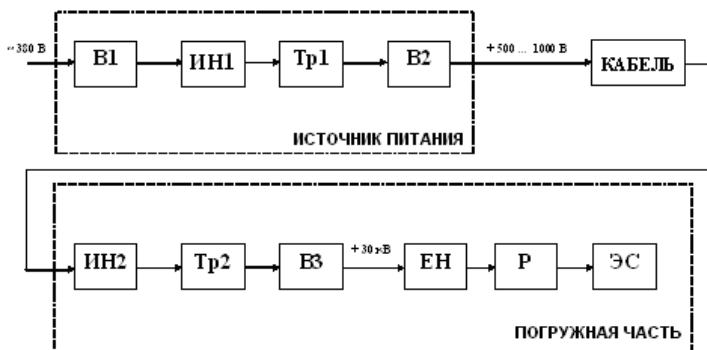


Рисунок 1 – Структурная схема погружного электроразрядного комплекса повышенной мощности

Как было указано выше, особенностью зарядной цепи является наличие кабеля, характеристики которого, в основном, определяют КПД и режим работы устройства. При использовании схемы с передачей по кабелю постоянного напряжения основное влияние на передаваемую мощность и КПД оказывает активное сопротивление жил кабеля и, в меньшей мере, его распределенная емкость. Учитывая прямую зависимость активного сопротивления кабеля от его длины, которая может варьироваться в достаточно широких пределах (2-5 км), и сечения жилы, определяемого маркой кабеля [3], вносимое в зарядную цепь активное сопротивление кабеля может препятствовать работе устройства в требуемом технологическом режиме. Распределенная емкость кабеля в общем случае может ухудшить энергетические характеристики устройства за счет проникновения в кабель переменной составляющей напряжения повышенной частоты от преобразователя, расположенного в погружной части устройства.

Исследование различных вариантов зарядной цепи производилось при помощи пакета программ моделирования электрических цепей Orcad 9.2. Электрическая схема рассматриваемой зарядной цепи приведена на рис. 2. В схеме наземный источник питания представлен источником постоянного напряжения V1, кабель – цепочечной схемой замещения из 10 Т-образных

звеньев. Инвертор напряжения выполнен на транзисторах Q1-Q4, частота выходного напряжения – 10 кГц. Высоковольтный трансформатор представлен схемой замещения с элементами L12, R14, C13, величины которых взяты из опыта проектирования трансформаторов для более ранних погружных устройств. Рассматривались два варианта схем выпрямления: с диодным мостом либо со схемой удвоения напряжения. На рис. 2 изображен еще один возможный вариант – с включением в качестве токоограничивающего элемента индуктивно-емкостного преобразователя (ИЕП). Для уменьшения влияния распределенной емкости кабеля на характеристики устройства в зарядную цепь введен фильтр C11.

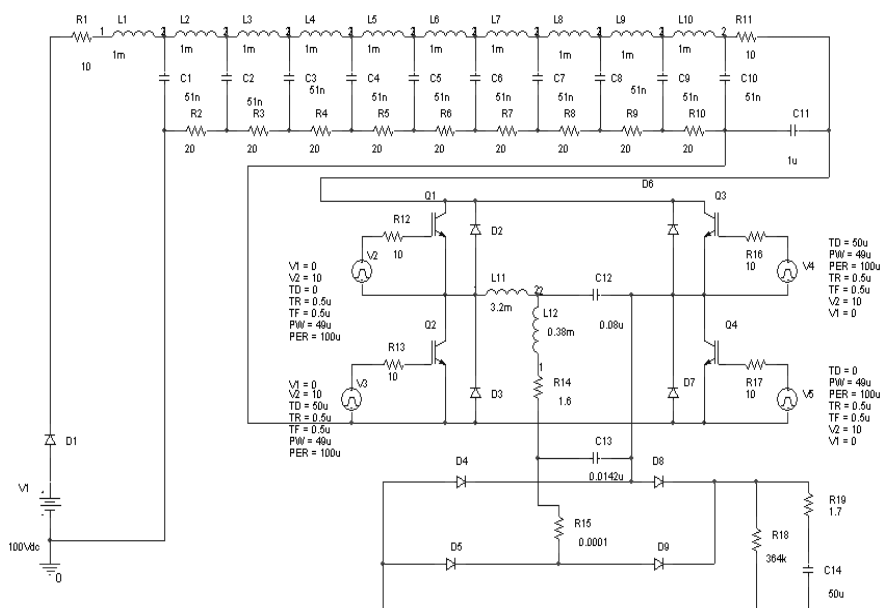


Рисунок 2 – Электрическая схема зарядной цепи погружного устройства повышенной мощности

Результаты исследований. Ранее [2] было выяснено, что для передачи в емкостной накопитель наибольшей мощности через соединительный кабель при использовании ИЕП следует придерживаться соотношения $R_k = \sqrt{L11/C12}$, где R_k – суммарное сопротивление жил кабеля, Ом. Учитывая сложность настройки ИЕП в рабочих условиях, для проведения теоретических исследований было принято решение принять $L11 = 3,2$ мГн, $C12 = 0,08$ мкФ, что соответствует его настройке на $R_k = 200$ Ом. Результаты исследований режимов работы зарядной цепи погружного устройства с ис-

пользованием ИЕП приведены на рис. 3. На этом и дальнейших графиках P_3 – мощность зарядки накопительной емкости, которая определяет режим работы погружного устройства (возможную частоту следования разрядных импульсов); КПД – коэффициент полезного действия рассматриваемой зарядной цепи; $I_{тр}$ – средний ток высоковольтного трансформатора, определяющий сечение провода его обмоток и, соответственно, габаритные размеры.

Одной из задач, которые требуют решения, является передача в нагрузку полезной мощности 1 кВт, что обеспечит режим заряда накопительной емкости $2,4 \cdot 10^{-6}$ Ф до напряжения $3 \cdot 10^4$ В за время 1 с и частоту следования разрядных импульсов 1 Гц. Как видно из рис. 3а, используя зарядную схему с ИЕП, этого режима можно достичь при сопротивлении жил кабеля менее 160 Ом, при этом КПД цепи – 0,34. Введение в схему дополнительной емкости фильтра $C11 = 1-2$ мкФ (рис. 3, б) увеличивает P_3 на 20 %, КПД – на 25 %. Положительными чертами схемы является низкое значение среднего тока, протекающего через трансформатор, его близкая к синусоидальной форма, отсутствие выбросов тока на элементах схемы в начале зарядного процесса.

Рассмотрение зарядной схемы с использованием удвоителя напряжения представляет интерес в связи с возможностью снижения габаритов высоковольтного трансформатора за счет уменьшения числа витков его вторичной (высоковольтной) обмотки. Характеристики зарядной цепи представлены на рис. 4.

Как следует из рис. 4, а, выбор емкости схемы удвоения менее 200 пФ (при симметричной схеме удвоения) ведет к существенному уменьшению зарядной мощности. В то же время, введя в схему дополнительную емкость фильтра ~ 2 мкФ (рис. 4, б), уже при емкости схемы удвоения 120 пФ можно достичь зарядной мощности 1 кВт при активном сопротивлении жил кабеля 200 Ом. КПД зарядной цепи при этом ~ 40 %.

Третьей рассматриваемой схемой стала схема зарядной цепи с использованием в качестве высоковольтного выпрямителя диодного моста, при этом токоограничение в цепи осуществляется лишь сопротивлением соединительного кабеля. Характеристики цепи приведены на рис. 5.

Как следует из рис. 5, а, $P_3 = 1$ кВт в схеме с высоковольтным выпрямителем на диодном мосте можно получить при сопротивлении жил кабеля ~ 180 Ом. КПД зарядной цепи в этом случае 0,33. Использование дополнительной емкости фильтра (рис. 5, б) позволяет достичь требуемой мощности при $R_k = 200$ Ом и увеличить КПД до 0,4.

Сравнивая рассмотренные схемы зарядки, следует отметить практически идентичность их энергетических характеристик. Поэтому практический выбор зарядной схемы, используемой в погружных скважинных устройствах, следует производить на основе оценки положительных и отрицательных свойств схем (см. таблицу).

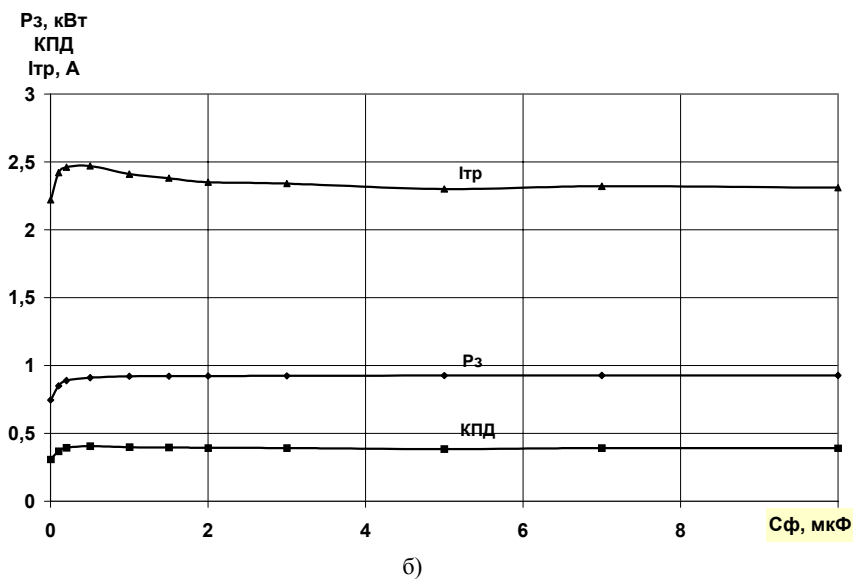
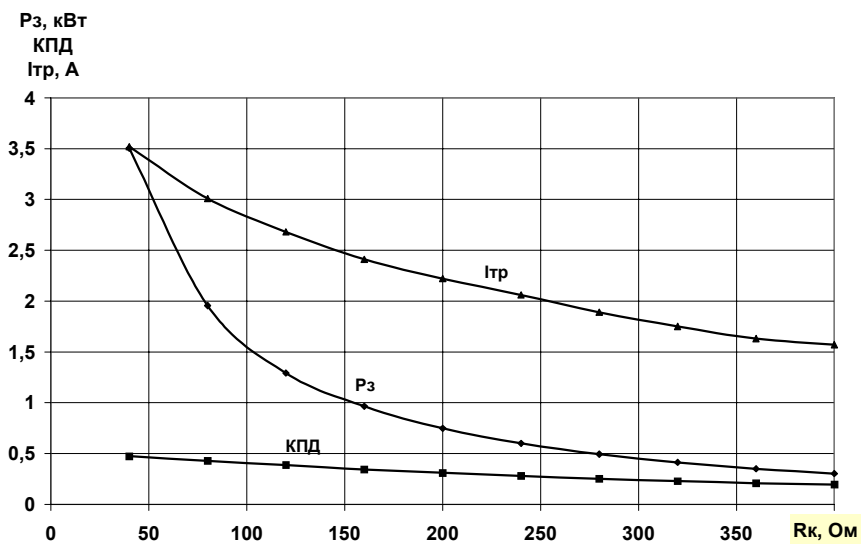


Рисунок 3 – Характеристики зарядной цепи погружного устройства с использованием ИЕП

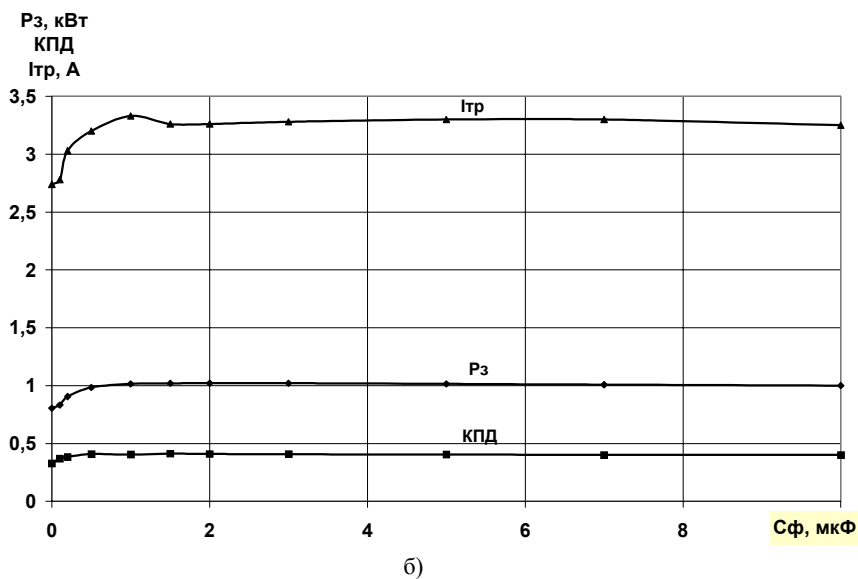
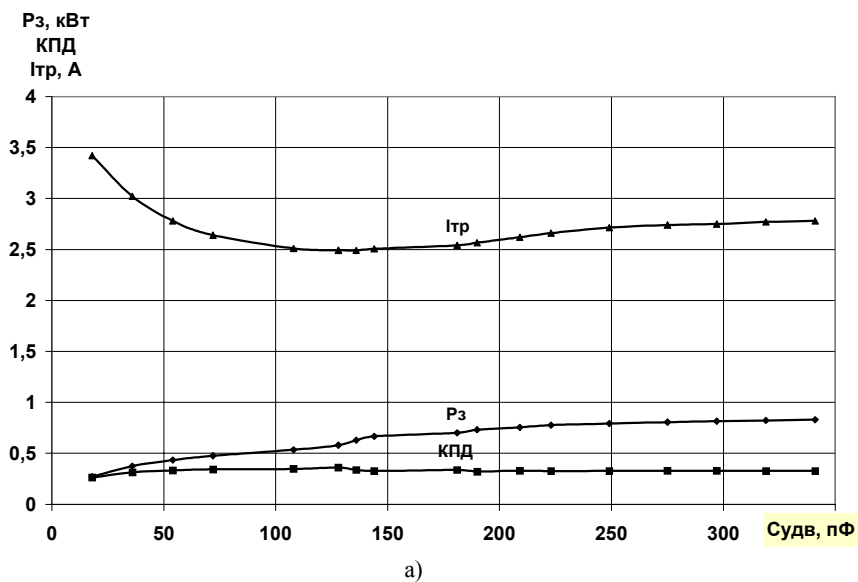
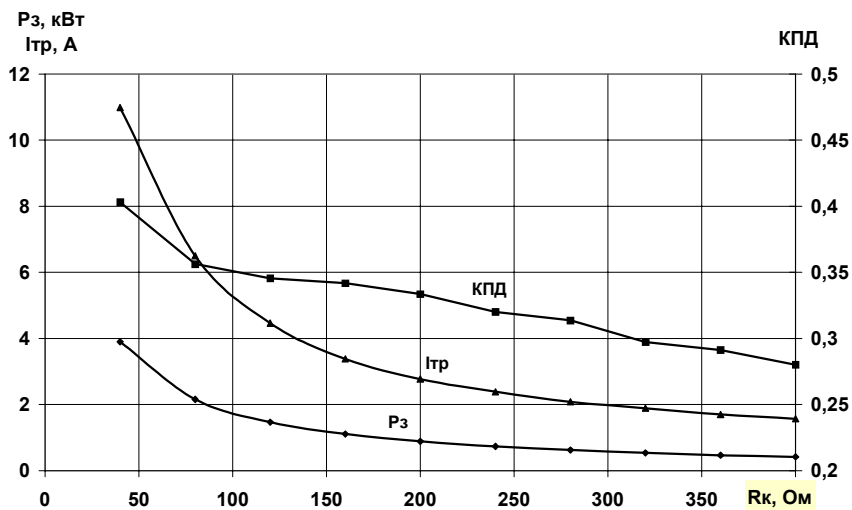
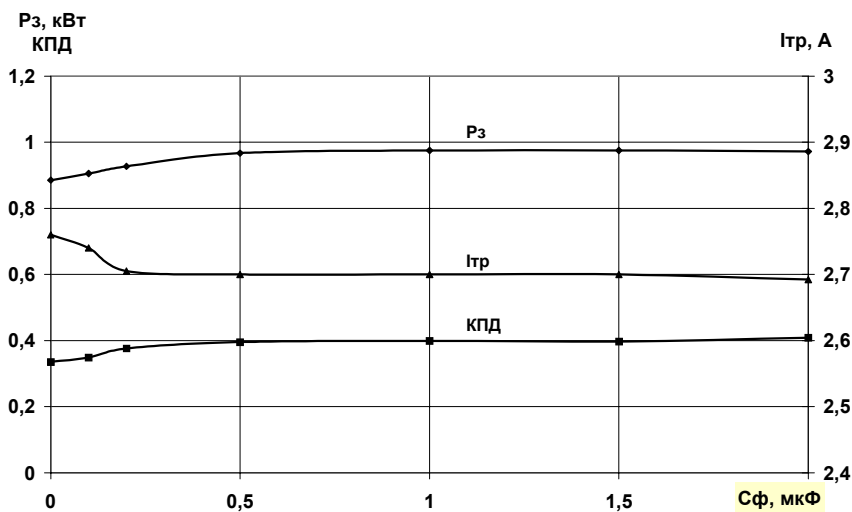


Рисунок 4 – Характеристики зарядной цепи погружного устройства при использовании схемы выпрямления с удвоителем напряжения



а)



б)

Рисунок 5 – Характеристики зарядной цепи погружного устройства при использовании схемы выпрямления с диодным мостом

| Схема | Положительные свойства | Отрицательные свойства |
|---|---|--|
| ИЕП + высоковольтный выпрямитель на диодном мосте | Малая амплитуда высших гармонических составляющих в спектре тока и напряжения высоковольтного трансформатора, малые габариты и перегрев трансформатора, благоприятный режим работы транзисторов и диодов (нет бросков тока в начале зарядного процесса) | Введение дополнительных элементов (дресселя и емкости ИЕП) в схему, увеличение габаритных размеров погружной части устройства, перегрев дресселя ИЕП, желательность подстройки режима работы ИЕП на сопротивление кабеля |
| Высоковольтный выпрямитель по схеме удвоения напряжения | Простота схемы, малые габаритные размеры погружной части зарядного контура, уменьшенное число витков высоковольтной обмотки трансформатора и технологичность его изготовления | Тепловой режим работы погружной части устройства определяется допустимой температурой работы керамических конденсаторов схемы удвоения (не более 125 °С), броски тока в начале зарядного процесса (в 3-3,5 раза превышают среднее значение) и ухудшение режима работы транзисторов и высоковольтных диодов |
| Высоковольтный выпрямитель на диодном мосте | Простота схемы, малые габаритные размеры погружной части зарядного контура | Броски тока в начале зарядного процесса (в 3,5-4 раза превышают среднее значение) и ухудшение режима работы транзисторов и высоковольтных диодов |

Проанализировав свойства рассмотренных схем зарядки накопителя погружных скважинных устройств, можно сделать следующие **выводы**:

- использовать схему с ИЕП нецелесообразно в связи с увеличенными габаритными размерами погружной части и значительным влиянием потерь в дресселе на тепловой режим работы устройства;
- схемы с использованием высоковольтного выпрямителя, выполненного по схеме удвоения или на диодном мосте, мало отличаются по габаритным размерам, энергетическим характеристикам. Современное состояние элементной базы позволяет рекомендовать использование схемы с выпрямителем по схеме удвоения напряжения при температурах среды, окружающей погружную часть устройства, до 100 °С, и использование схемы с выпрямителем на диодном мосте при необходимости работы в условиях более высоких температур.

Список литературы: 1. *О.В.Хвоцан, Ю.И.Курашко, В.В.Литвинов.* Повышение эффективности зарядных процессов электроразрядных погружных комплексов увеличенной мощности // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Тематичний випуск «Техніка і електрофізика високих напруг». – 2006. – № 37. – С. 86-92. 2. *О.В.Хвоцан, Ю.И.Курашко, В.В.Литвинов, Ю.И.Мельхер.* Оптимизация габаритных размеров высоковольтного трансформатора погружных электроразрядных устройств повышенной мощности // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Тематичний випуск «Техніка і електрофізика високих напруг». – 2007. – № 34. – С.112-118. 3. Геофизические методы исследования скважин. Справочник / Под ред. *В.М.Запорожца.* – М.: Недра, 1983. – 591 с.

Поступила в редколлегию 28.05.2008

УДК 621.315

С.Ю.ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук; **В.В.ВОЛОХІН**; НТУ «ХПІ»

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЕРЖАВНИХ МЕТЕОСТАНЦІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

В роботі розглянуто основні недоліки використання даних державної мережі метеостанцій для потреб електроенергетичного господарства. Зроблено короткий огляд найнебезпечніших кліматичних факторів, котрі діють на споруди електричних мереж. Також запропоновано варіант рішення метеозадачі для електроенергетичної галузі, у вигляді створення спеціалізованої служби метеомоніторингу, з деякими напрямками її реалізації.

The article deals with main disadvantages of using of data of the state weather stations for electric-power industry. The characteristics of the most unsafe climatic conditions which influence on power engineering objects are presented. The ways of solving weather problem for electric industry are suggested.

Зміни клімату України, пов'язані з глобальним потеплінням, викликають необхідність досліджень впливу кліматичних факторів на енергетичні об'єкти, такі як повітряні лінії (ПЛ) та обладнання підстанцій.

Кліматичні фактори в їхніх екстримальних проявах породжують механічні навантаження, котрі в основному визначають надійність та стійкість конструкцій ПЛ та ПС, вирогідність їхнього безаварійного стану на етапі проектування. Саме тому вся нормативно-технічна документація, котра діє в Україні в області визначення механічних навантажень на проводи, опори та портали, базується на результатах статистичної обробки кліматичних даних за другу половину XX століття, отриманих на основі інструментальних вимірів в системі держгідрометеорологічної служби. Відповідно, існуючі об'єкти магістральних електричних мереж НЕК «Укренерго» та розподільчі мережі